

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3523221 A1**

⑥① Int. Cl. 4:  
**E21 B 17/02**

②① Aktenzeichen: P 35 23 221.8  
②② Anmeldetag: 28. 6. 85  
④③ Offenlegungstag: 2. 1. 87

DE 3523221 A1

⑦① Anmelder:  
Marojević, Svetozar, Dipl.-Ing., 3012 Langenhagen,  
DE

⑦④ Vertreter:  
Arendt, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 3000 Hannover

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

⑥④ Verfahren zum Verschrauben von Rohren

DE 3523221 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschrauben von Rohren mit gasdichten Verbindungen, bei welchen die Abdichtung durch eine metallische Berührung zwischen zwei den Verschraubungsgewinden benachbarten Dichtsitzflächen im Bereich ineinandergreifender Anschlagschultern erzielt wird, wobei zunächst die Gewinde unter Einhaltung eines vorgeschriebenen Drehmomentenverlaufes ineinandergeschraubt werden, insbesondere zum Herstellen von Bohrröhrleitungen, Futter- und Steigrohren, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) die Verschraubung nach Überschreiten eines Bezugsdrehmomentes so lange fortgesetzt wird, bis sich die Anschlagschultern berühren,
- b) das der Gewindeverschraubung bis zum drucklosen Schulteranschlag entsprechende Drehmoment ( $M_1$ ) gemessen wird,
- c) durch Addition des Drehmomentes ( $M_1$ ) mit einem Rohr- und materialspezifischen Schultervorspannwert ( $M_2$ ) das Enddrehmoment ( $M_3$ ) ermittelt und
- d) der Schraubvorgang eines vorgegebenen Schulterdrehmomentenverlaufes unter Einhaltung zulässiger Toleranzen fortgesetzt wird, bis die Höhe des Enddrehmomentes ( $M_3$ ) erreicht ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schultervorspannmoment ( $M_2$ ) einem minimalen Schultervorspannwert ( $S_2$ ) entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der minimale Schultervorspannwert ( $S_2$ ) einen für den jeweiligen Anwendungsfall optimalen Wert hat.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Prozeß-Computer ein elektronisch gesteuertes hydraulisches Antriebssystem unterbricht, sobald die Spannungs-/Dehnungswerte und die Drehmomentwerte ihre jeweils vorgegebenen optimalen Werte erreichen oder vorgegebenen Grenzwerte über- bzw. unterschreiten.

5. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4 unter Verwendung einer hydraulischen Kraftzange mit integrierter hydraulischer Konterzange, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zugdose (16) mit Dehnungsmeßstreifen zwischen der Kraftzange und der Konterzange angeordnet und mit einem Prozeß-Computer (18) elektrisch verbunden ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß über den Prozeß-Computer eine Druck-Unterbrechungsventilanordnung zur Unterbrechung der Zufuhr der Hydraulikflüssigkeit zum Hydraulikmotor steuerbar ist.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verschrauben von Rohren mit gasdichten Verbindungen, bei welchen die Abdichtung durch eine metallische Berührung zwischen zwei den Verschraubungsgewinden benachbarten Dichtsitzflächen im Bereich ineinandergreifender Anschlagschultern erzielt wird, wobei zunächst die Gewinde unter Einhaltung eines vorgeschriebenen Drehmomentenverlaufes ineinandergeschraubt werden, insbesondere zum Herstellen von Bohrröhrleitungen,

## Futter- und Steigrohren.

Um eine Schraubverbindung zwischen zwei an ihren Enden mit Gewinde versehenen Rohren herzustellen, ist es bekannt, eine bestimmte Anzahl von Gewindegängen in gegenseitigen Eingriff zu bringen und ein bestimmtes Drehmoment anzuwenden. So beschreibt die DE-PS 28 17 910 ein Verfahren, womit dafür gesorgt wird, daß die Verschraubung der Gewindegänge unter Einhaltung eines vorgegebenen Verhältnisses von Drehmoment zur Anzahl der Drehungen erfolgt. Sobald das vorgeschriebene Verhältnis mit unzulässigen Abweichungen verlassen wird, sorgt eine automatische Abschaltung für die Stillsetzung der Verschraubungszangen und eine Wiederholung des Vorgangs. Die vollständige Verschraubung der Gewindegänge führt jedoch noch nicht zu einer genügenden Gasdichtigkeit bei nur mit Gewinden versehenen Verbindungen. Zu diesem Zweck sind die ineinandergreifenden Enden der Rohre neben den Gewinden mit Dichtsitz- und Anschlagschultern versehen. Erst durch das Aneinanderpressen dieser Dichtsitzflächen wird die genügende Abdichtung gegen Leckungen erzielt. Die dafür aufzubringenden Drehmomente liegen wesentlich höher als die Gewindeverschraubungsmomente. Um die notwendige Dichtigkeit zu erreichen, wurden von den Rohrerstellern für die verschiedenen verwendeten Rohrtypen Verschraubungsdrehmomente vorgegeben. Diese Werte berücksichtigen jedoch nicht den Anteil des Drehmoments während der Verschraubung der Gewindegänge bis zum losen Aneinanderliegen der Schultern und den Anteil des Drehmoments, der der anschließenden Schultervorspannung entspricht. Dadurch kann es in Extremfällen entweder zu einer nicht ausreichenden Vorspannung an den Dichtsitzflächen oder zu einer Überlastung der Schulter mit plastischer Verformung kommen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verschraubungsverfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, womit es möglich ist, optimale Schultervorspannwerte während des Verschraubvorganges von Rohren mit Schulterverbindungen zu erreichen und dabei eine einheitliche Spannungskontrolle des gesamten Stranges zu sichern. Die optimalen Schultervorspannwerte können somit im sicheren Bereich, d. h. unterhalb schädlicher Materialbelastungswerte liegen, wobei die optimalen Schultervorspannwerte und damit die angestrebte Gasdichtigkeit der Verbindung erreicht werden. Der optimale Schultervorspannwert entspricht dem Wert, der notwendig ist, um eine Metall- auf Metallflächenpressung zu gewährleisten, die größer als der maximale Wert des Druckunterschiedes zwischen innen und außen unter Berücksichtigung der maximalen Zugspannungen des Stranges ist.

Die erfindungsgemäße Lösung ist durch folgende, nacheinander ablaufende Verfahrensschritte gekennzeichnet:

- a) die Verschraubung wird nach Überschreiten eines Bezugsdrehmomentes so lange fortgesetzt, bis sich die Anschlagschultern berühren,
- b) das der Gewindeverschraubung bis zum drucklosen Schulteranschlag entsprechende Drehmoment  $M_1$  wird gemessen,
- c) durch Addition des Drehmomentes  $M_1$  mit einem Rohr- und materialspezifischen Schultervorspannmoment  $M_2$  wird das Enddrehmoment  $M_3$  ermittelt und
- d) der Schraubvorgang eines vorgegebenen Schulterdrehmomentenverlaufes wird unter Einhaltung zulässiger Toleranzen fortgesetzt bis die Höhe des

Enddrehmomentes  $M_2$  erreicht ist.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Verschraubungszangen mit einem System zur automatischen Kontrolle der hydraulischen Leistungsaufnahme verwendet. Für die automatische Verschraubungskontrolle im Hinblick auf die erfindungsvariablen Werte des Enddrehmomentes, das den festen Wert des Schulterdrehmomentes umfaßt, sorgt ein EDV-gesteuertes hydraulisch-elektronisch regulierbares Steuerventil.

Zum Messen der Verschraubungsenergie und der Werte der axialen Spannung und Dehnung in den Anschlagschultern der Verbindung werden elektronische Dehnungsmeßstreifen von hoher Genauigkeit verwendet. Die aufgezeichneten Werte der Widerstandsänderungen bei der Dehnung werden elektronisch in einen Prozeß-Computer eingegeben, wo dieselben in entsprechende Kontrollsignale beim Verschrauben umgewandelt werden. Beispielsweise kann an einer hydraulischen Zange mit integrierter hydraulischer Konterzange eine Zugdose mit Dehnungsmeßstreifen zwischen Zange und Konterzange fixiert werden. An einer Zange ohne integrierte hydraulische Konterzange befindet sich die Zugdose mit Dehnungsmeßstreifen am Konterseil.

Beim Verschrauben bzw. bei der Unterzugstellung der Zugdose emittiert der Dehnungsmeßstreifen ein entsprechendes Signal der Widerstandsänderung. Dieses Signal wird gleichzeitig in den Prozeß-Computer eingegeben. Durch ein spezielles Programm wird dieser Impuls in Form eines entsprechenden Signals des Drehmomentes und/oder der Vorspannung gleichzeitig zur Aufzeichnung und Kontrolle unter realen Zeitverhältnissen weitergegeben. Gleichzeitig wird auch die Änderung im Dehnungsverhalten kontrolliert.

Eine automatische Bewertung und Kontrolle ist von der Ausführungsform (Typ) der Verbindungselemente, von der Fertigung, von operativen und/oder empirischen Kriterien oder Spezifikationen abhängig. Verschiedene Parameter, feste und/oder variable Werte sind in die Computerprogramme eingebaut und werden für eine automatische Auswertung der Vollständigkeit und Qualitätskontrolle der Verschraubung verwendet. Diese Werte bzw. Signale sind wählbar und können wie folgt sein:

1. Variable maximale und minimale Grenzwerte für das Gewinde-Drehmoment,
2. feste Werte für die Schultervorspannung bzw. entsprechende Schulterdrehmomente mit
  - a) einem Minimalwert für eine notwendige Metall- auf Metaldichtsitz-Flächenpressung,
  - b) einem Maximalwert, der der Mindestgrenze des Vorspannens und der betrieblichen Sicherheitsgrenze entspricht,
  - c) die für jede beliebige Operation notwendigen spezifischen Werte, welche sich zwischen den minimalen und maximalen Vorspannwerten befinden,
3. der Wert, der der maximalen elastischen Deformation  $\varepsilon$  0,2 bis  $\varepsilon$  0,5 (0,2—0,5%) entspricht.

In dem Moment, in dem das Dehnungsmeßstreifen-Kontrollsignal einen der festen und/oder variablen vorgeannten Werte im Hinblick auf die Programm- und Kontrollkriterien erreicht, emittiert der Computer ein Befehlssignal, um die hydraulische Leistungsaufnahme der Zange zu unterbrechen. Dieses Signal ist ein elektronischer Impuls und schließt automatisch durch einen Elektromagneten das regulierbare Kontrollventil ab. Gleichzeitig wird automatisch die Bewertung der Ver-

schraubungsqualität der Verbindung durchgeführt und als Graphik auf der Grundlage der akzeptierten Werte des Vorspannens des Drehmomentes und der Deformation dargestellt. Die Symbole "GUT" oder "SCHLECHT" werden automatisch ausgedruckt.

Das elektronische Datenverarbeitungssystem (Hardware und Software) ist so zusammengestellt, daß es auch im Falle einer mangelhaften Verschraubungsverbindung bzw. beim Unter- oder Überschreiten der notwendigen Werte des Drehmomentes und/oder der Vorspannung ein Kontrollsignal (Befehlssignal) abgibt, um eine sofortige Unterbrechung der hydraulischen Leistungsaufnahme zu sichern. Es verhält sich damit ebenso wie bei einer guten Verbindung, wenn nach Abschluß eines Verschraubungsvorganges die vorgesehenen Bedingungen des Drehmomentes und der Vorspannung erfüllt sind.

Das Hardware-Kontrollgerät umfaßt eine Dehnungsmeßstreifen-Zugdose, den Haupt-Computer und einen elektronischen Magneteil des regulierbaren Unterbrechungsventils, der die hydraulische Leistungsaufnahme mit Hilfe eines elektronischen Signals vollkommen unterbricht. Als Standardtyp des Computers wird ein Gerät mit einer Minimalkapazität 16k byte und 50 CPS mit Bildschirm und Schreiber (Printer) für Aufzeichnung, Verarbeitung, Registrierung und Kontrolle des Vorspannprozesses der Schulterverbindungen verwendet.

Als Software wird ein spezielles Programm zur Aufnahme des Verschraubungsprozesses als Ergebnis der Widerstandsänderung des Dehnungsmeßstreifens und der festen und variablen Daten im Zusammenhang mit den Eigenschaften der Verbindungen verwendet. Diese Programme ermöglichen gleichzeitig eine automatische Computer-Kontrolle des Drehmomentes, der Schultervorspannung und der Deformation während des Verschraubungsvorganges der Schulterverbindungen.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Schultervorspannung innerhalb der Verbindung gemessen, um die Vollständigkeit der Verbindung zu sichern. Dieses System ist einem Messen des gesamten Drehmomentes als Grundparameter überlegen. Der Bereich der Druckvorspannung in den Verbindungsschultern mit einem zumindest notwendigen Wert wird vorgewählt und automatisch angewandt. Dadurch können alle Verbindungen der gesamten Rohrstränge einheitlich auf den vorgegebenen Wert vorgespannt werden. Hierdurch wird eine optimale Anwendung des Vorspannprinzips in den Schulterbereichen der Verbindungen erreicht und das Dichtungsprinzip der Metall auf Metall-Verbindung optimiert. Während der Verschraubung ist eine unmittelbare Kontrolle des Materialverhaltens innerhalb der Verbindung im elastischen/plastischen Deformationsbereich möglich. Alle Verbindungen der Rohrstränge, deren Schultern einheitlich und optimal vorgespannt sind, ermöglichen eine bessere Kontrolle der gesamten Spannung während des Produktionsprozesses und des Ein- und Ausbaues des Stranges. Durch das Verschrauben der Verbindungen mit den minimal notwendigen Schultervorspannungen wird die operative Aufnahmefähigkeit des ganzen Förderstranges für zusätzliche Druckspannungen der Verbindungen während der weiteren Produktion erweitert, was besonders wichtig und vorteilhaft ist, um Spannungs-korrosion bei Einsatz von Rohrmaterialien aus hochlegierten Stählen weiter zu reduzieren. Ein weiterer großer Vorteil ist die Vermeidung nachteiliger Einflüsse durch Produktions- und Betriebstoleranzen infolge direkter Kontrolle des Zapfen/Muffen-Gewindeeingriffs. Durch Einsatz dieser

Methode wird auch der Einfluß verschiedener Reibungskoeffizienten unterschiedlicher Schmiermittel und deren Reibungseffekte mit verschiedenen Teilen der Verbindungen (Gewinde, Stoß, Metall auf Metall-Berührung) unter Kontrolle gebracht. Der größte wirtschaftliche Vorteil ist durch die größere Lebensdauer und die Wiederverwendung der Verbindungen gegeben, da die Anwendung des minimalen rohr- und materialspezifischen Vorspannmomentes *MS* das Material schon und eine vermehrte Verwendung des Rohrmaterials sichert.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt und nachstehend erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1–3 verschiedene Verbindungsausführungen mit Schulteranschlüssen und Metall- auf Metaldichtsitz sowie deren Drehmomentverläufe bis zur Herstellung einer vollständig verschraubten Verbindung graphisch aufgezeichnet,

Fig. 4 eine Übersichtsskizze über eine hydraulische Verschraubungszange mit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehenen Einrichtungen.

Der Punkt 1 entspricht dem Wert des endgültigen Gewindedrehmomentes sowie des ersten Zapfen/Muffen-Schulterkontaktes mit der Spannung Null. In diesem Moment liegen also die Schultern lose aneinander, ohne einen Druck aufeinander auszuüben. Der Punkt 3 entspricht dem minimal notwendigen Wert der axialen Schulterdruckvorspannung, die jeweils vom Punkt 1 nach oben aufgetragen wird, also einer Addition zum Wert des Punktes 1 entspricht. Der Punkt 4 entspricht dem festen Endwert des Verschraubmomentes nach heutiger Technik. Dadurch kann es zu einer ungenügenden Vorspannung der Anschlagsschulter, d. h. zu einer ungenügenden Metaldichtsitzflächenpressung oder zu einer zu hohen Spannung mit Materialschädigung kommen, wie dies insbesondere in Fig. 1 mit den Verlaufsbeispielen II und III veranschaulicht wird. Der Endwert berücksichtigt nicht die unterschiedliche Aufteilung und den Bedarf der Verschraubungsenergie auf bzw. für den Gewindeanteil (Punkt 1) und den Anschlagsschulteranteil (Punkt 3). Werden dagegen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die Schultervorspannwerte entsprechend einem vorgegebenen rohr- und materialspezifischen Drehmoment berücksichtigt, so erhalten alle Schulterverbindungen bei den Ausführungsbeispielen I bis III gleiche Vorspannwerte (Differenzen zwischen den Punkten 1 und 3). Das Beispiel des Kurvenverlaufs IV zeigt dagegen, daß bei einem Verfahren nach dem Stand der Technik eine unnötig hohe Spannung (Punkt 4) in der Nähe der Mindeststreckengrenze erreicht wird. Hierdurch wird die Einsatzfähigkeit und die Einsatzdauer der Verbindung bzw. des gesamten Rohrstranges unter Dauerbeanspruchung durch zusätzliche Lasten im Komplettierungs- und Produktionszustand reduziert, was auch zu einem Bruch in den Verbindungen führen kann.

In den Fig. 2 und 3 sind andere Formen von gasdichten Schulterverbindungen dargestellt, wobei jedoch auch hier erkennbar ist, daß für diese Ausbildungen das erfindungsgemäße Verfahren Anwendung finden kann. Der Kurvenverlauf der Fig. 2 zeigt einen zusätzlichen Punkt 2, der nicht unmittelbar mit Punkt 1 zusammenfällt, sondern den Beginn der direkten Anlage für den axialen Metaldichtsitz anzeigt. Der Bereich zwischen den Punkten 1 und 2 zeigt also den direkten Energiean-

teil des axial gerichteten Metall auf Metall-Dichtsitzes. In den Fig. 1a bis 1d sind die einzelnen graphischen Darstellungen der Fig. 1 zur besseren Übersicht im einzelnen dargestellt.

Die hydraulische Kraftzange 10 mit zugehöriger hydraulischer Konterzange ist mit einem Druckunterbrechungsventil 12, einer Steuerdruckanzeige 13 und einer Lastdose mit Dehnungsmeßstreifen 16 ausgerüstet. Die Verbindungsleitungen für die Hydraulikflüssigkeit sind mit 14a (Vorlauf) und 14b (Rückführleitung) bezeichnet. Von dem Druckunterbrechungsventil 12 und der Lastdose 16 mit dem Dehnungsmeßstreifen führen elektrische Verbindungsleitungen zu einem Prozeßcomputer 18, der mit einem Bildschirm 19 mit X-Y-Auswerter und einem Drucker 20 ausgerüstet ist.

Fig. 1

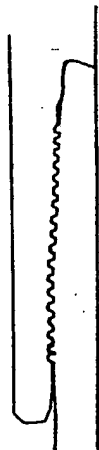


Fig. 2

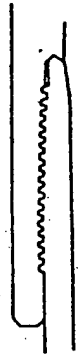
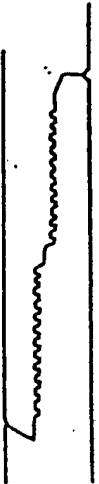
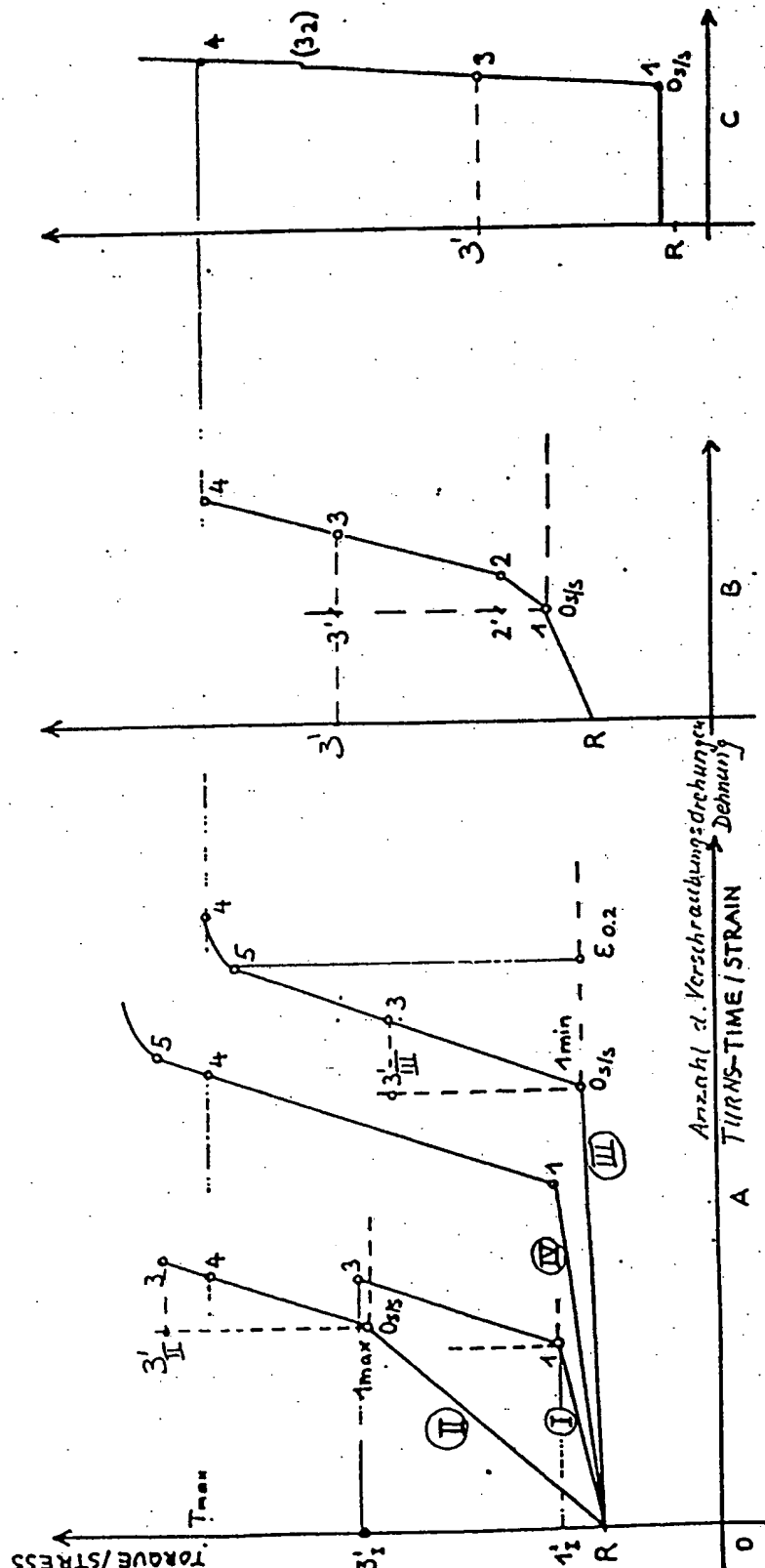
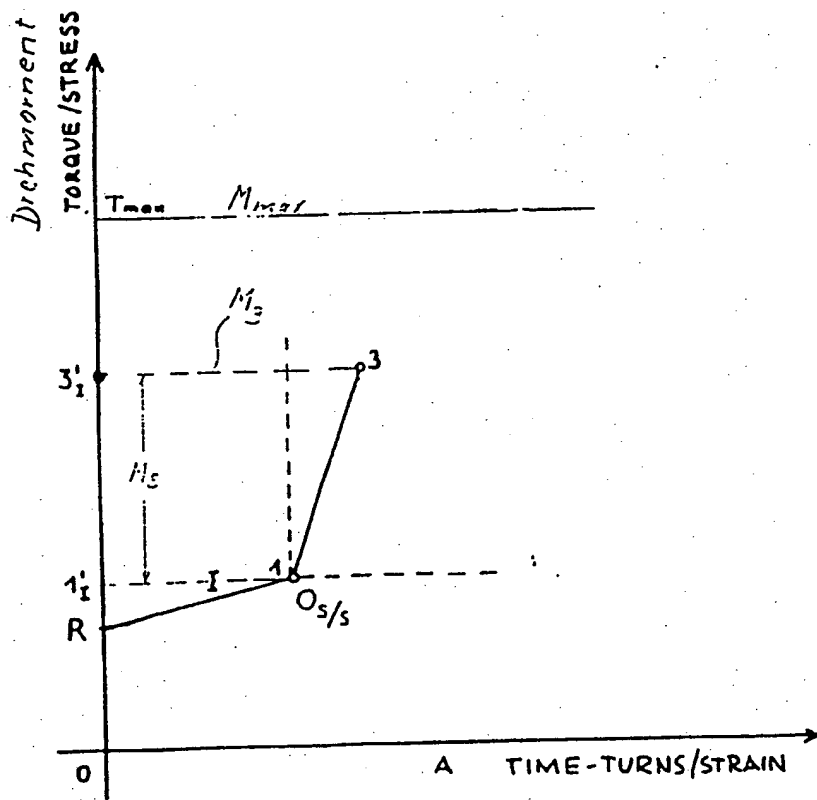
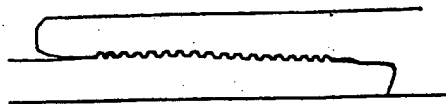


Fig. 3



Drehmoment / Spannung  
TORQUE / STRESS





Anzahl der Verformungszyklen  
in Bruchzeit

Fig. 1a

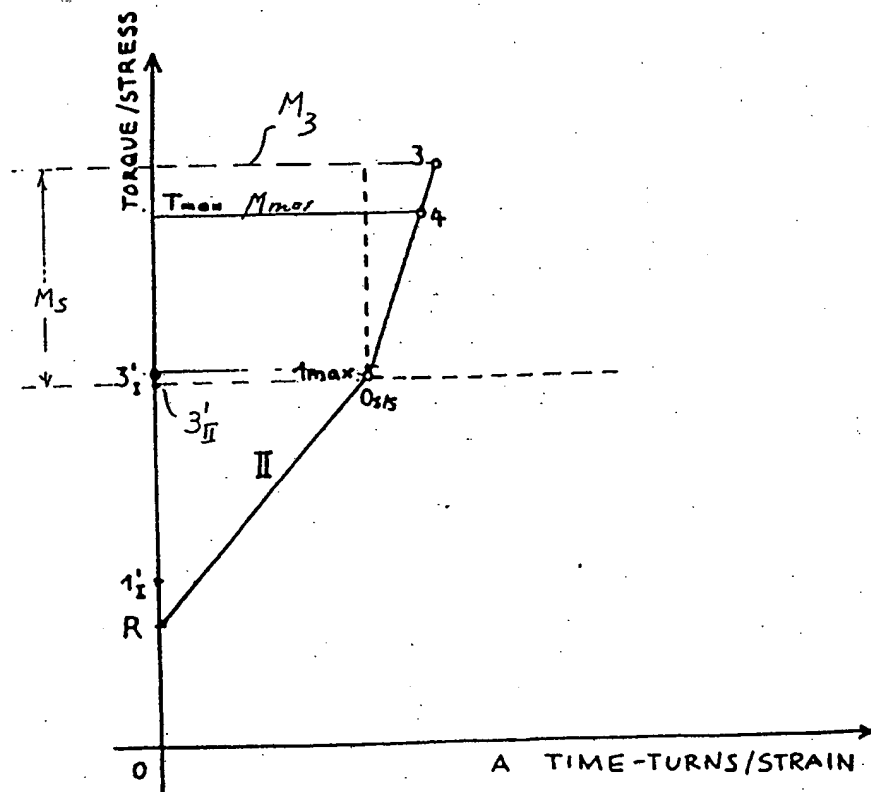
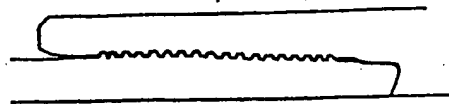


Fig. 1b

ORIGINAL INSPECTED

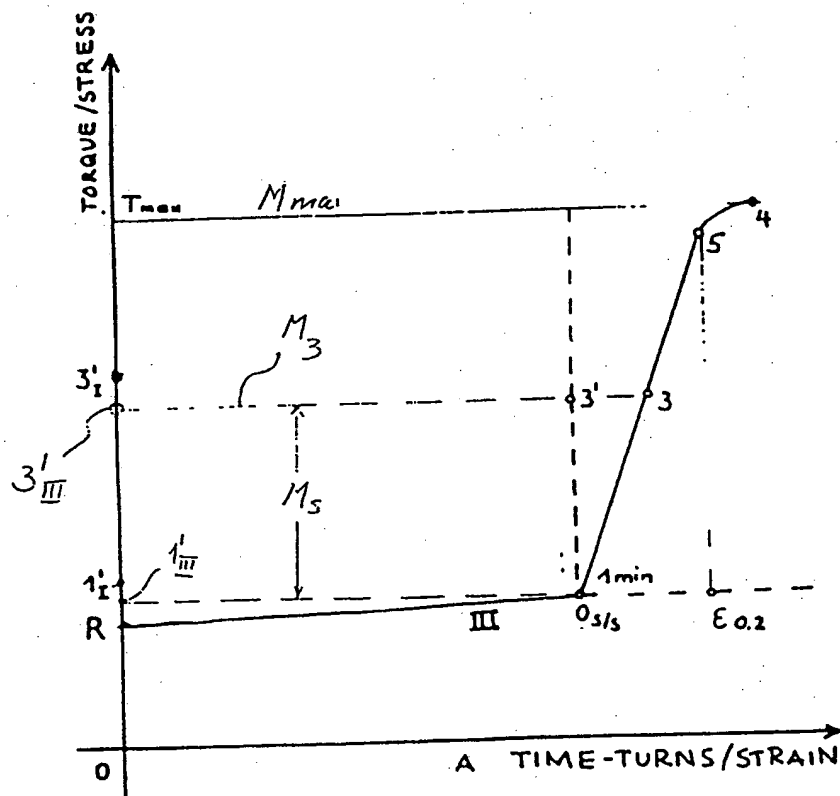
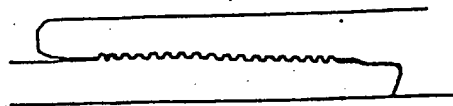


Fig. 1c

ORIGINAL INSPECTED



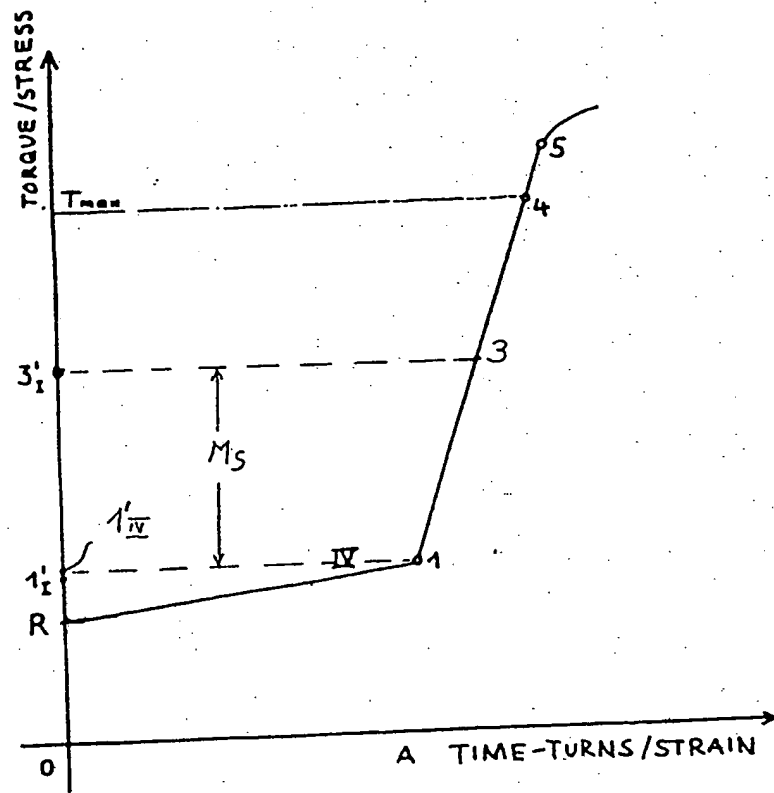
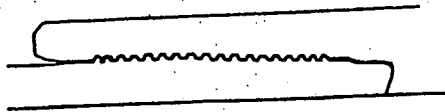


Fig. 1d

ORIGINAL INSPECTED

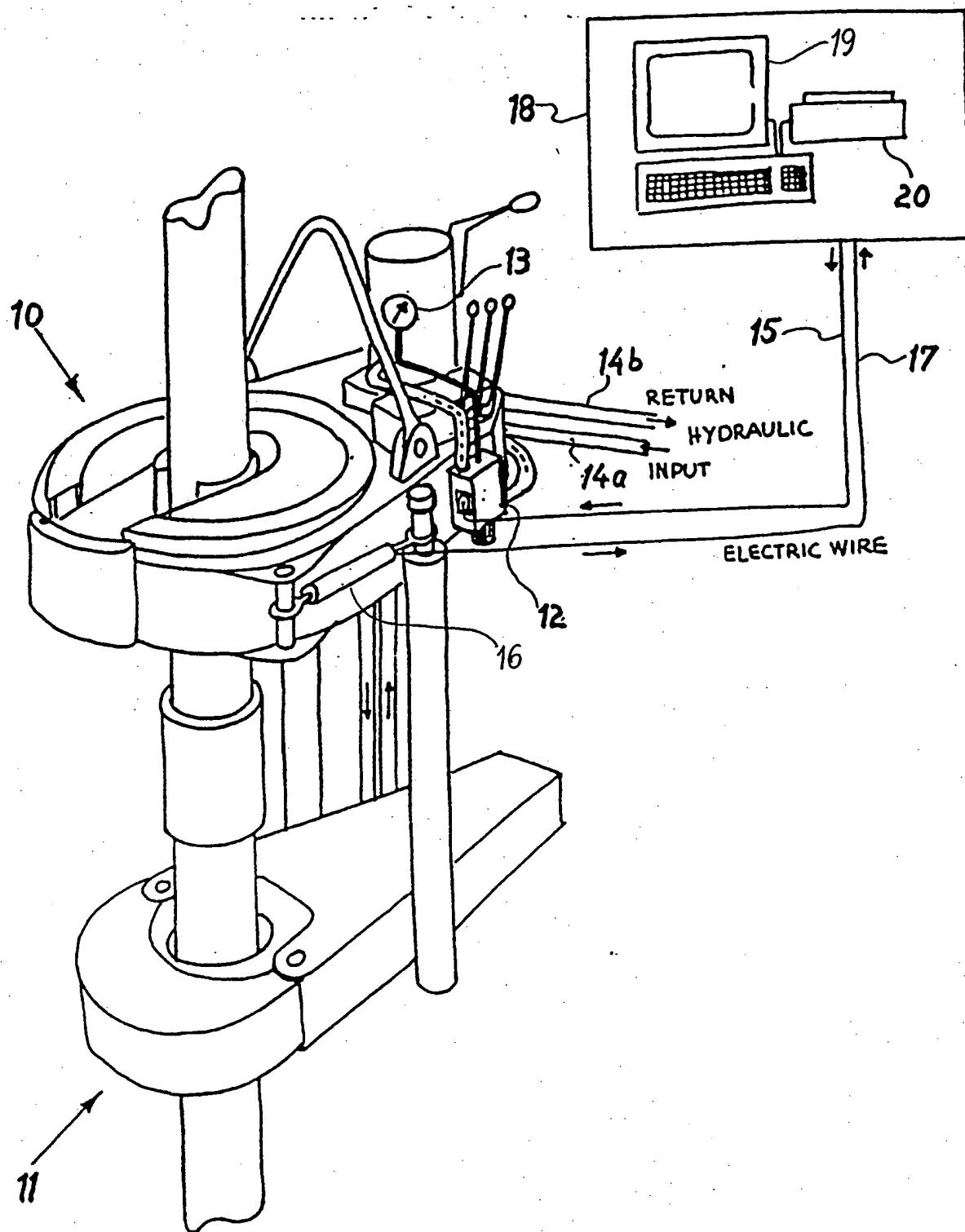


Fig. 4

ORIGINAL INSPECTED